

E 803/11925



REC'D 24 DEC 2003

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 50 569.1

Anmeldetag: 28. Oktober 2002

Anmelder/Inhaber: Carl Zeiss Meditec AG, Jena/DE

Bezeichnung: Ophthalmologisches Gerät und Verfahren
zur Gerätepositionierung

IPC: A 61 B, G 02 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 25. August 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

SL

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Stemme

Ophthalmologisches Gerät und Verfahren zur Gerätepositionierung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung und ein Verfahren zur automatischen Positionierung des Gerätes bezüglich des zu untersuchenden Patientenauges in x-, y- und/oder z-Koordinaten. Dieses Verfahren kann vorteilhaft genutzt werden, um die Bestimmung der biometrischen Daten des Auges sowie andere diagnostisch und therapeutisch relevante Einstellungen anhand manueller oder gespeicherter Verfahrensabläufe zu vereinfachen. Dabei können Daten aus einer Untersuchung abgespeichert werden, um bei einer späteren erneuten Untersuchung die entsprechenden Gebiete unter gleichen Bedingungen zu untersuchen und somit Veränderungen feststellen zu können.

Nach dem Stand der Technik sind bereits technische Lösungen bekannt, bei denen sich ein ophthalmologisches Gerät nach erfolgter Augendetektion halb- oder vollautomatisch auf das zu untersuchende Auge positioniert.

Die Patentschrift EP 1 088 511 beschreibt ein ophthalmologisches Gerät, welches eine Positioniereinheit zum Ausrichten der Messeinheit bezüglich des zu untersuchenden Auges aufweist. Dazu ist eine Detektionseinheit vorhanden, die die relative Stellung der Messeinheit zum Auge ermittelt und während der Messung kontrolliert. Die ermittelten Messwerte werden in Abhängigkeit der von der Detektionseinheit festgestellten Augenposition gespeichert oder verworfen. Es werden somit nur Messergebnisse verarbeitet und gespeichert, die bei einem exakt positionierten Auge aufgenommen wurden. Nachteilig bei dieser Lösung ist im Vergleich zur hier vorgeschlagenen Methode der Umstand, dass die Messeinheit des ophthalmologischen Gerätes zu Beginn der Untersuchung, d. h. wenn sich der Patient vor das Gerät gesetzt und sein Auge in eine fixierte Position gebracht hat, durch den Bediener per Joystick grob ausgerichtet werden muss. Erst nach dieser Grobjustierung kann die Detektionseinheit die Position des Auges ermitteln und die entsprechenden Signale an die Positioniereinheit zur Feinjustierung leiten. Das heißt der Ablauf unterliegt

weiterhin subjektiven Einflüssen wie zum Beispiel der Erfahrung des Bedieners beim Einstellen.

Ein sich automatisch ausrichtendes optometrisches Messgerät und das
 5 Verfahren zu dessen Anwendung sind in der US 6,145,990 beschrieben. Diese
 Lösung verfügt dazu über Mittel zur Projektion einer Lichtmarke auf das Auge,
 Mittel zur Auswertung der Korneareflexbilder und Mittel zur Steuerung der
 Stellantriebe für die exakte Positionierung des optometrischen Messgerätes.
 Eine Positionierung erfolgt dabei in allen drei Koordinatenrichtungen für das
 10 erste Auge und danach für das zweite Auge anhand der Lage zweier aus dem
 Korneareflexbild erzeugten Lichtmarken zueinander. Nach der Positionierung
 werden die entsprechenden Messungen am Auge durchgeführt. In
 Abhängigkeit von der erfolgreichen/nichterfolgreichen Messung wird entweder
 eine erneute Messung durchgeführt oder das Gerät wird auf das andere Auge
 15 positioniert.

Bei der in der US 6,220,706 beschriebenen Lösung wird die Position der Augen
 ebenfalls durch Beleuchtung der Augen und anschließende Auswertung der
 reflektierten Strahlung ermittelt. Dazu sind jeweils zwei Strahlungsemitter-
 20 Fotodetektoren-Paare vorhanden, die seitlich vom Auge so angeordnet werden,
 dass sich auf jeder Seite des Auges ein Strahlungsemitter und ein Fotodetektor
 eines unterschiedlichen Paares befinden. Die Fotodetektoren empfangen die
 vom jeweiligen dazugehörigen Strahlungsemitter ausgesendete und vom Auge
 reflektierte Strahlung. Ein Controller analysiert die Daten der Fotodetektoren,
 25 die als 4-Quadrant-Fotodetektoren ausgeführt sind, um die exakte Position des
 Auges zu ermitteln. Diese technische Lösung ermittelt insbesondere die
 Fokusslage, d. h. den exakten Abstand des Auges von der Optik des Gerätes.

Die bekannten technischen Lösungen haben jedoch den Nachteil, dass die
 30 exakte Ausrichtung des Messgerätes zum Auge entweder bei nicht
 vorhandener automatischen Positionierung subjektiv vom Bediener abhängt,
 oder dass bei einer vorhandenen automatischen Positionierung immer

zusätzliche technische Mittel erforderlich sind, die den Aufbau des Gesamtgerätes wesentlich komplizierter und unübersichtlicher machen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde ein ophthalmologisches Gerät sowie ein Verfahren zu dessen Steuerung zu entwickeln, bei welchem die subjektiven Fehlerquellen bei der Ausrichtung des Geräts auf die optische Achse des Auges minimiert werden, so dass die zu ermittelnden Messwerte exakt und zuverlässig sind. Eine Grobeinstellung durch den Bediener soll nicht mehr erforderlich sein. Das Gerät soll dabei in seinem Aufbau und seiner Anwendbarkeit nicht wesentlich komplizierter werden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Das ophthalmologische Gerät zur Bestimmung biometrischer Daten eines Auges findet eine breite Anwendung sowohl in Arztpraxen und als auch bei Optikern. Durch die automatische Positionierung ist eine nicht unerhebliche Zeiteinsparung zu erreichen. Bei einigen ophthalmologischen Geräten werden bereits Lichtmarken und -mustern mittels Eye-Tracker-Einheiten der Augenbewegung nachgeführt, so dass deren Verwendung zur Augendetektion keinen erhöhten oder komplizierteren gerätetechnischen Aufwand darstellt.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels beschrieben. Dazu zeigen:

Figur 1: eine schematische Darstellung eines ophthalmologischen Gerätes mit Mitteln zum Positionieren und

Figur 2: eine entsprechende schematische Darstellung in Draufsicht.

Ein ophthalmologisches Gerät, zum Beispiel zur Bestimmung biometrischer Daten eines Auges, ist in **Figur 1** schematisch dargestellt und besteht aus einer vorzugsweise digital steuerbaren Beleuchtungseinheit **1** und einem als Beobachtungssystem dienenden Stereomikroskop **2** mit verschiedenen Vergrößerungen, die auf separaten Tragarmen **3a** und **3b** unabhängig voneinander schwenkbar angeordnet sind. Eine spezielle Eye-Tracker-Einheit **8** ist mit einer zugeordneten synchron zur Bildrate der Eye-Tracker-Einheit **8** arbeitenden IR-Beleuchtungseinheit und einer zentralen Steuereinheit **6** zur Erfassung, Verarbeitung und Speicherung der Daten verbunden. Die IR-Beleuchtung garantiert, dass keine Beeinflussung mit der eigentlichen hochauflösenden digitalen Aufnahmekamera im VIS-Bereich erfolgen kann. Kamera- und Eye-Tracker-Strahlengang sind damit optisch spektral getrennt und können sich nicht gegenseitig beeinflussen. Zur Unterstützung wird für die Eye-Tracker-Einheit **8** ein geeigneter IR-Bandpassfilter vorgesehen, der nur für das Licht der IR-Beleuchtungseinheit durchlässig ist. Für die digitale Beleuchtungseinheit **1** wird hingegen ein IR-Cut-Filter vorgesehen, damit kein IR-Licht ausgesendet wird. Die optische Einkopplung von hochauflösender Digitalkamera und Eye-Tracker-Einheit **8** erfolgt über ein oder mehrere Einkoppelsystem(e) **5**. Die zentrale Steuereinheit **6** verfügt über eine Benutzeroberfläche und weist Verbindungen auf zu einem als Ausgabeeinheit dienenden Monitor **7** und/oder Drucker, zu einer Eye-Tracker-Einheit **8** sowie zu Mitteln zum relativen Positionieren des ophthalmologischen Gerätes bezüglich des Auges **12** des Patienten **11**. Die Eye-Tracker-Einheit **8** verfügt dazu über ein Abbildungssystem mit mindestens zwei Einstellungen für verschiedene Öffnungswinkel. Die Steuereinheit **6** verfügt weiterhin über eine Benutzeroberfläche mit Eingabegeräte, wie Tastatur **9**, Maus **10**, Trackball, Joystick oder ähnlichem, über die verschiedene Steuer- und Auswertemoden aufgerufen werden können.

Vorzugsweise verfügt die Bildaufnahmeeinheit **4** zur Korrektur nach dem Scheimpflugprinzip über eine Einrichtung zur Neigung des Kamerachips

bezüglich der optischen Achse **15** und ist in der Lage Bildsequenzen aufzunehmen.

Figur 2 zeigt die schematische Darstellung einer Spaltlampe mit Mitteln zur
5 Gerätepositionierung in einer Draufsicht.

Bei dem Verfahren zur Positionierung eines ophthalmologischen Gerätes bezüglich des zu untersuchenden Auges **12** wird das Signal der Eye-Tracker-Einheit **8**, außer zur Nachführung einer auf das Auge **12** projizierten
10 Messmarke und/oder Gitterstruktur, auch zur Detektion der Position des zu untersuchenden Auges **12** bezüglich der optischen Achse **15** des ophthalmologischen Gerätes verwendet.

Zur Untersuchung oder zur Bestimmung biometrischer Daten wird das Auge **12**
15 des Patienten **11** durch die vorhandene Kinnstütze **13** und Stirnstütze **14** in eine fixierte Position gebracht. Die Eye-Tracker-Einheit **8** besteht aus einer Kamera und einer IR-Beleuchtung, die beispielsweise durch einen Strahlteiler eingekoppelt wird. Das von der IR-Beleuchtung auf das Auge **12** projizierte gleichmäßige Feld wird von diesem reflektiert und erzeugt ein Abbild des Auges
20 **12**. Die Eye-Tracker-Einheit **8** liefert bei gewählter Weitwinkелеinstellung ihres Objektivs in Auswertung dieses Abbildes Signale, die die Lage des Pupillenzentrums exakt definieren. Das Objektiv hat dazu einen entsprechend großen Öffnungswinkel von etwa 45° bei einer Entfernung von etwa 100 mm zum Auge **12**.

25 Diese aus den Signalen gewonnenen Koordinaten definieren die Lage des Patientenauges **12** relativ zur Eye-Tracker-Einheit **8** und somit auch zur optischen Achse des ophthalmologischen Gerätes selbst, bezogen auf die x- und y-Ebene. Aus diesen Signalen wird von der zentralen Steuereinheit **6** ein
30 entsprechender Sollwert bezüglich Betrag und Richtung für die Positioniereinheit generiert und dieser zugeführt. Mit Hilfe des Sollwertes werden die Stellantriebe angesteuert. Zur exakten Positionierung des

ophthalmologischen Gerätes bezüglich eines zu untersuchenden Auges 12 ist es vorteilhaft, wenn jeweils ein Stellantrieb 16 für jede der drei Koordinatenrichtungen vorgesehen ist. Die Differenz zwischen dem Zentrum des Auges 12 und der optischen Achse 15 des ophthalmologischen Gerätes wird dabei durch relative Bewegung und ständige Kontrolle durch die Eye-Tracker-Einheit 8 auf Null abgeglichen. Dies ist möglich, da die Eye-Tracker-Einheit 8 über eine hohe Messwiederholrate verfügt und mehrfach pro Sekunde die genauen Koordinaten der Pupillenmitte liefert. Nach der Ausrichtung in x- und y-Richtung kann die Objektiveneinstellung des Abbildungssystems der Eye-Tracker-Einheit 8 verändert werden, um mit z. B. höherer Genauigkeit die Nachführung von Mustern am Auge zu übernehmen. Dies kann beispielsweise durch einen automatischen oder manuellen Wechsel des Objektivs oder eine Veränderung der Zoomeinstellung erfolgen. Das ophthalmologische Gerät ist nun für die nachfolgenden Messungen und Untersuchungen und/oder Behandlungen am Auge 12 bereit. Mit der Veränderung der Objektiveneinstellung des Abbildungssystems der Eye-Tracker-Einheit 8 werden gleichzeitig die Stellantriebe 16 deaktiviert.

Es besteht jedoch auch die Möglichkeit eine Ausrichtung in z-Richtung durchzuführen. Dazu kann beispielsweise das Verfahren nach US 6,220,706 zur Anwendung kommen.

Zweckmäßiger Weise ist die Eye-Tracker-Einheit 8 mit der optischen Achse 15 des Beobachtungssystems 2 verbunden, wodurch eine mögliche Parallaxe nicht berücksichtigt werden braucht.

Nachdem das Auge 12 des Patienten 11 in eine fixierte Lage gebracht wurde, ist es vorteilhaft, wenn der Positioniervorgang durch einen Auslöseknopf, einen Impulsgeber an der Stirnstütze 14, der Kinnstütze 15 o. ä. ausgelöst wird. Des weiteren ist es möglich das ophthalmologische Gerät nach Abschluß der Untersuchungen und/oder Messungen auf das andere Auge des Patienten automatisch oder per Knopfdruck zu positionieren.

Nach der Behandlung eines Patienten kann das ophthalmologische Gerät in eine Grundposition bewegt werden. Die Ausrichtung des Gerätes erfolgt bei dem nächsten Patienten entweder automatisch auf das festgelegte, als erstes zu untersuchende Auge, oder der Steuereinheit wird mitgeteilt auf welches 5 Auge die Positionierung erfolgen soll. Es ist aber auch denkbar, dass das ophthalmologische Gerät nach der Behandlung eines Patienten in der letzten Position verbleibt. Der Steuereinheit kann beim nächsten Patienten mitgeteilt werden auf welches Auge die Ausrichtung erfolgen soll, oder die Untersuchung 10 beginnt bei dem Auge zuletzt untersuchten Auges des vorherigen Patienten.

) Mit dem erfindungsgemäßen ophthalmologischen Gerät wird eine Lösung vorgeschlagen, die eine automatische Positionierung des Gesamtgerätes bezüglich des zu untersuchenden Auges ermöglicht. Dadurch kann sowohl die 15 Untersuchung als auch die Bestimmung der biometrischen Daten eines Auges vereinfacht und wesentlich beschleunigt werden. Außer den Stellantrieben sind keine weiteren technischen Mittel erforderlich, so dass das Gesamtgerät in seinem Aufbau nicht komplizierter und unübersichtlicher wird. Hierbei sind als ophthalmologische Geräte beispielsweise Funduskameras als auch 20 Spaltlampen denkbar.

Bezugszeichenliste

	1	Beleuchtungseinheit
	2	Stereomikroskop
5	3a, 3b	Tragarme
	4	Bildaufnahmeeinheit
	5	optisches Einkoppelsystem
	6	zentrale Steuereinheit
	7	Monitor
10	8	Eye-Tracker-Einheit
	9	Tastatur
	10	Maus
	11	Patient
	12	zu untersuchendes Auge
15	13	Kinnstütze
	14	Stirnstütze
	15	optische Achse
	16	Stellantriebe

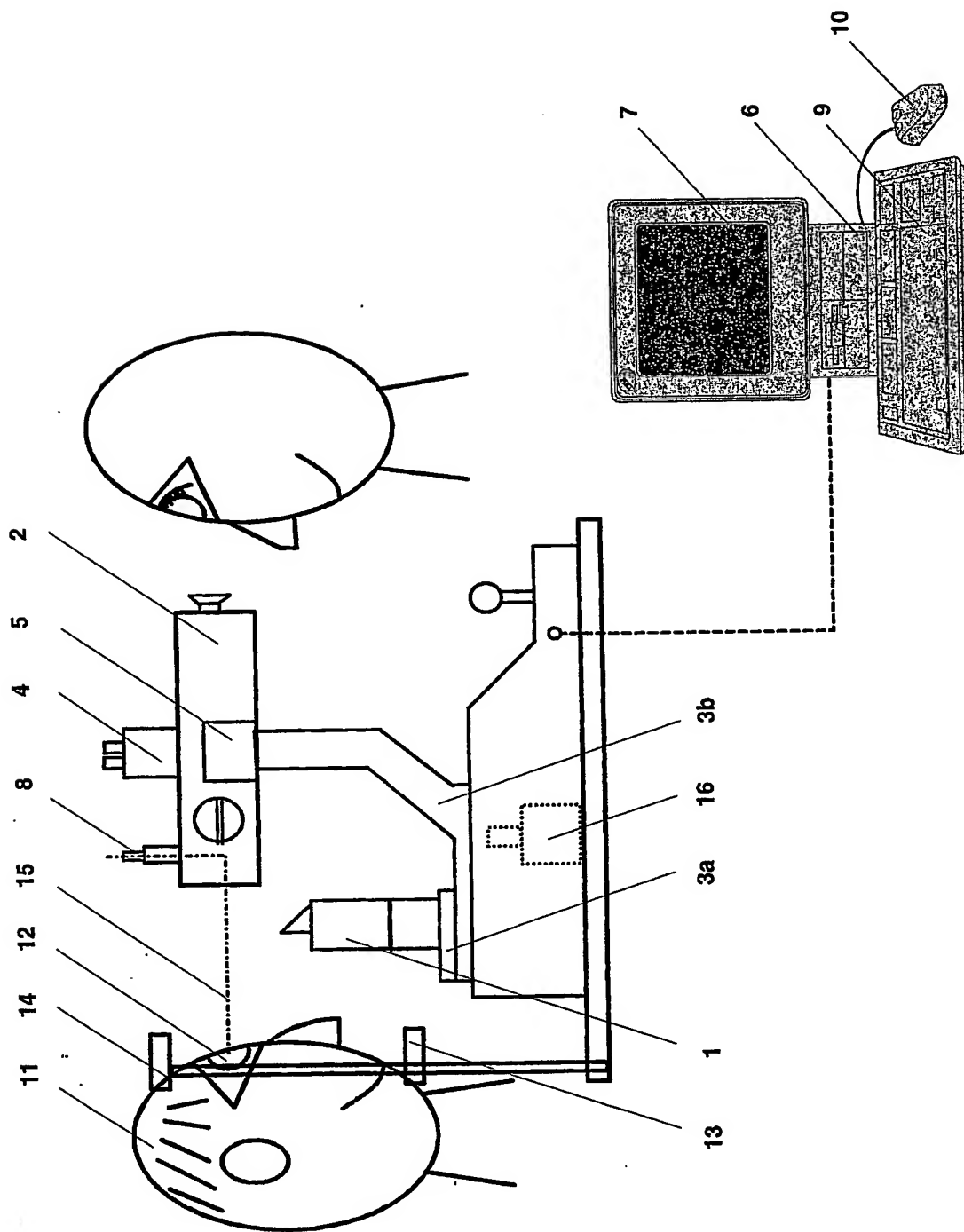
Patentansprüche

1. Ophthalmologisches Gerät, bestehend aus einer steuerbaren Beleuchtungseinheit (1), einem Beobachtungssystem, einer
5 Bildaufnahmeeinheit (4), einer zentralen Steuereinheit (6), einer Ausgabeeinheit, einer Eye-Tracker-Einheit (8) sowie Mitteln zum relativen Positionieren des ophthalmologischen Gerätes bezüglich des zu untersuchenden Auges (12), bei dem das Abbildungssystem der Eye-Tracker-Einheit (8) über mindestens zwei verschiedene einstellbare Vergrößerungen verfügt.
10
2. Ophthalmologisches Gerät nach Anspruch 1, bei dem das Abbildungssystem der Eye-Tracker-Einheit (8) ein Zoom-Objektiv oder ein Wechsel-Objektiv ist.
15
3. Ophthalmologisches Gerät nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, bei dem die Bildaufnahmeeinheit (4) eine digitale hochauflösende Kamera mit hoher Bildrate ist, die zur Korrektur nach dem Scheimpflugprinzip über eine Neigungseinrichtung für den Kamerachip zur
20 optischen Achse verfügen kann und/oder in der Lage ist Bildsequenzen aufzunehmen und zu speichern.
4. Ophthalmologisches Gerät nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, bei dem die optische Bildaufnahmeeinheit (4) synchron zur
25 Bildrate der digital steuerbaren Beleuchtungseinheit (1) arbeitet.
5. Ophthalmologisches Gerät nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, bei dem die zentrale Steuereinheit (6) über eine Benutzeroberfläche mit üblichen Eingabegeräten, wie Tastatur (9), Maus
30 (10), Trackball, Joystick oder ähnlichem, und/oder über verschiedene Steuer- und Auswertemoden verfügt.

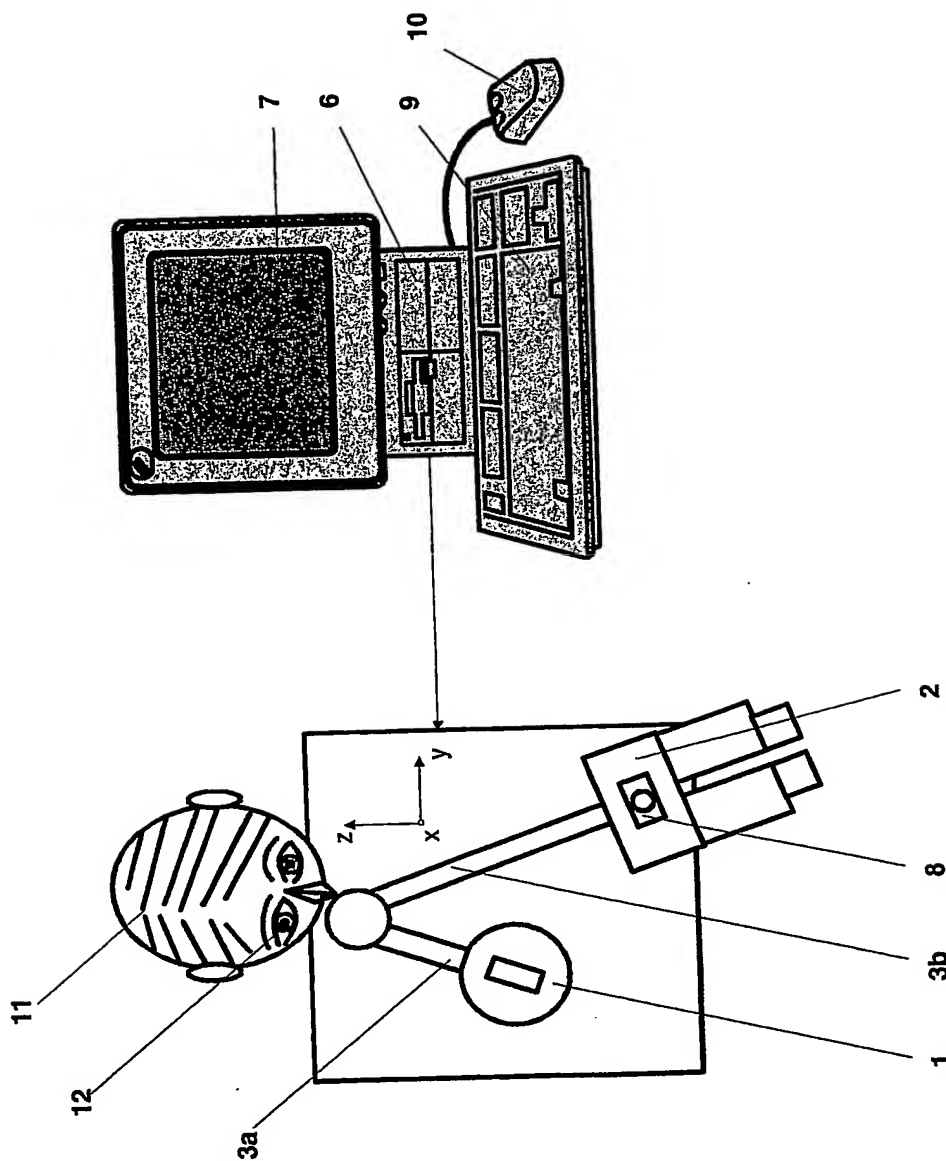
6. Ophthalmologisches Gerät nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, wobei die Ausgabeeinheit ein Monitor (7) und/oder Drucker ist.
- 5 7. Verfahren zur Positionierung eines ophthalmologischen Gerätes, bei dem das Auge (12) des Patienten durch eine vorhandene Kinn- und Stirnstütze (13, 14) in eine fixierte Position gebracht wird, die Eye-Tracker-Einheit (8) bei gewählter Weitwinkелеinstellung seines Abbildungssystems Signale liefert, die die Koordinaten des Auges (12) relativ zur Eye-Tracker-Einheit (8) und somit auch zur optischen Achse (15) des ophthalmologischen Gerätes selbst beinhalten, aus diesen Signalen ein entsprechender Sollwert bezüglich Betrag und Richtung für die Positioniereinrichtung generiert und dieser zugeführt wird, die Ausrichtung durch ständige Detektion der Augenposition und relative Bewegung erfolgt und nach erfolgter Ausrichtung in x- und y-Richtung die Vergrößerung des Abbildungssystems der Eye-Tracker-Einheit (8) verändert wird.
- 10 8. Verfahren zur Positionierung eines ophthalmologischen Gerätes nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, bei dem nach erfolgter Ausrichtung in x- und y-Richtung und Veränderung der Öffnungswinkel des Abbildungssystems der Eye-Tracker-Einheit (8) eine Ausrichtung des ophthalmologischen Gerätes in z-Richtung erfolgt.
- 15 9. Verfahren zur Positionierung eines ophthalmologischen Gerätes nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, bei dem die Detektion des Auges (12) durch die Eye-Tracker-Einheit (8) derart erfolgt, dass in Auswertung des von einer Beleuchtung erzeugten Abbildes des Auges (12) das Pupillenzentrum exakt ermittelt wird und die Nachführung der Lichtmarken durch fortlaufende Detektion der Pupille durch die Eye-Tracker-Einheit (8) erfolgt.
- 20 25 30

10. Verfahren zur Positionierung eines ophthalmologischen Gerätes nach
mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, bei dem das Auffinden von
5 Beleuchtungsmustern in digitalen Bildern durch Differenzbildaufnahmen
erfolgen kann, indem zwei, in unmittelbarer zeitlicher Abfolge bei alleiniger
Änderung des Beleuchtungsmusters aufgenommene Bilder voneinander
subtrahiert und dadurch alle störenden ortsfesten Bildinformationen
eliminiert werden.

10



Figur 1



Figur 2

Zusammenfassung

Ophthalmologisches Gerät und Verfahren zur Gerätepositionierung

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung und ein Verfahren zur Positionierung des Gerätes bezüglich des zu untersuchenden Patientenauges in x-, y- und/oder z-Koordinaten.

- Das ophthalmologische Gerät verfügt über eine steuerbare
- 10 Beleuchtungseinheit, ein Beobachtungssystem, eine Bildaufnahmeeinheit, eine zentralen Steuereinheit, eine Ausgabeeinheit, eine Eye-Tracker-Einheit sowie Mittel zum relativen Positionieren. Das Abbildungssystem der Eye-Tracker-Einheit verfügt dabei über mindestens zwei verschiedene einstellbare Vergrößerungen. Bei dem Verfahren zur Positionierung des
- 15 ophthalmologischen Gerätes wird das Signal der Eye-Tracker-Einheit, außer zur Nachführung einer auf das Auge projizierten Messmarke und/oder Gitterstruktur, auch zur Detektion der Position des Patientenauges bezüglich der optischen Achse des ophthalmologischen Gerätes verwendet.

- 20 Mit dem erfindungsgemäßen ophthalmologischen Gerät wurde eine Lösung vorgeschlagen, die eine automatische Positionierung des Gesamtgerätes bezüglich des zu untersuchenden Auges ermöglicht. Dadurch kann sowohl die Untersuchung als auch die Bestimmung der biometrischen Daten eines Auges vereinfacht und wesentlich beschleunigt werden.